

中等专业学校教材

电力系统自动装置

(第二版)

南京电力学校 许正亚 编

水利电力出版社

中等专业学校教材

电力系统自动装置

(第二版)

南京电力学校 许正亚 编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书讲述电力系统自动装置的工作原理、典型的自动装置，对自动装置的整定计算、调整试验和运行要求也作了介绍。

全书共分九章，分别为：备用电源和备用设备自动投入，输电线路三相自动重合闸，输电线路综合自动重合闸，同步发电机自动并列、同步电机自动调节励磁，自动按频率减负荷，电力系统自动调频，电力系统其他自动装置以及自动调节原理。

本书按中等专业学校“电力系统继电保护”专业的《电力系统自动装置》教材编写大纲要求编写，可作为中等专业学校“电力系统继电保护”、“发电厂及电力系统”两专业专业课程的教材，也可供从事发电厂及电力系统工作的有关工程技术人员参考。

中等专业学校教材
电力系统自动装置
(第二版)

南京电力学校 许正亚 编

*

水利电力出版社出版
(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 19.5印张 442千字

1980年12月第一版

1986年12月第二版 1986年12月北京第三次印刷

印数55101—89200册 定价2.80元

书号 15143·6180

前 言

本书是按1982年12月召开的“电力系统继电保护”专业教学计划、教学大纲会议上制定的《电力系统自动装置》教学大纲编写的，可作为中等专业学校“电力系统继电保护”、“发电厂及电力系统”两专业的专业课程教材。全书共分九章。除讲述电力系统自动装置原理并介绍典型自动装置外，为结合专业的生产实践，对自动装置的整定、调整试验和运行要求也进行了一定分析。书中带*的部分为“发电厂及电力系统”专业根据教学大纲选讲的或学生自学的内容。

本书由沈阳电力学校谭仲安同志审阅，为此表示衷心地感谢。

编者水平有限，书中不妥和错误之处，恳切希望各校师生和读者批评指正。

编 者

1985.9.

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 备用电源和备用设备自动投入	3
第一节 概述	3
第二节 对BZT装置的基本要求	4
第三节 BZT装置接线	5
第二章 输电线路三相自动重合闸	11
第一节 总论	11
第二节 单电源线路三相自动重合闸	12
第三节 双电源线路三相自动重合闸	18
第四节 自动重合闸与继电保护的配合	28
*第三章 输电线路综合自动重合闸	31
第一节 概述	31
第二节 选相元件的基本原理	32
第三节 阻抗选相元件动作分析	37
第四节 综合自动重合闸构成原则	44
第五节 综合自动重合闸装置主要回路	46
第六节 ZZC-4型综合自动重合闸装置	52
第四章 同步发电机自动并列	59
第一节 概述	59
第二节 准同步	60
第三节 整步电压	62
第四节 同步条件检查	69
第五节 频差和压差方向鉴别	75
第六节 ZZQ-5型自动准同步装置	81
*第七节 自同步	96
第五章 同步电机自动调节励磁	106
第一节 概述	106
第二节 同步发电机的外特性及其无功负荷的分配	109
第三节 同步发电机的励磁方式和励磁调节方式	116
第四节 同步发电机的继电强行励磁	122
第五节 同步发电机的灭磁	126
第六节 复式励磁和相位复式励磁	131
第七节 KFD-3相复励自动调节励磁装置工作原理	137
*第八节 KFD-3工作特性的调整及其接线方式	151

*第九节	可控硅自动调节励磁装置主要环节工作原理	157
第十节	可控硅自动调节励磁系统举例	179
第十一节	同步发电机的自并激励磁	183
第十二节	水轮发电机自动调节励磁的特点	186
第六章	自动按频率减负荷	189
第一节	概述	189
第二节	ZPJH工作原理	191
第三节	有关ZPJH的几个问题	192
第四节	自动按频率减负荷装置	196
第五节	防止ZPJH误动作措施	198
第七章	电力系统自动调频	202
第一节	概述	202
第二节	系统频率的一次调整和二次调整	205
第三节	电力系统调频的基本方法	208
第八章	电力系统其他自动装置	216
*第一节	自动解列装置	216
*第二节	电气制动和自动切机	229
*第三节	水轮发电机低频自启动	232
第四节	故障录波装置	234
*第九章	自动调节原理	244
第一节	概述	244
第二节	典型环节的传递函数	246
第三节	控制系统方块图及其变换	256
第四节	控制系统的暂态响应分析	265
第五节	控制系统的稳态误差分析	269
第六节	控制系统的代数法稳定判据	273
第七节	频率特性及频率稳定判据	278
第八节	控制系统的校正	294

绪 论

随着单机组容量、电网容量的不断扩大，庞大电力系统将逐渐形成，网络结构越显得复杂，运行水平要求越高。

与其他产品生产过程不同，电能生产过程最大的特点是不能储藏，发电、送电、用电在同一时刻完成，因此，对电力系统运行有极严格的要求。运行中发生的问题，如处理不及时或不正确，则必将影响电力系统的正常运行，甚至造成大面积停电，或对重要用户的供电长时间中断。为满足电力系统运行的要求，电力系统自动化技术是必不可少的手段。电能生产过程的另一特点是从电源到负荷紧密连成一个整体，且分布区域十分广阔。为使局部发生的故障不致扩大，不致影响整个电力系统的安全运行，电力系统自动化技术水平的提高与日俱增。

电力系统自动化一般有如下两方面的内容：一是常规自动装置；二是电力系统调度自动化，也就是电力系统的实时调度。

备用电源和备用设备自动投入、自动重合闸、同步发电机强行励磁和自动调节励磁、自动按频率减负荷、水轮发电机低频自启动、自动解列、电气制动、事故切机、自动调频以及同步发电机自动并列等属于常规自动装置。这些自动装置，在电力系统中有相当数量。自动重合闸、备用电源和备用设备自动投入装置，可提高供电的可靠性；同步发电机强行励磁和自动调节励磁装置、电气制动和事故切机可提高电力系统的稳定性，前者还能加快故障切除后电压的恢复过程；自动按频率减负荷装置和水轮发电机低频自启动装置可防止电力系统因事故发生功率缺额时频率的过度降低，保证了电力系统的稳定运行和重要负荷的正常工作；自动解列装置可防止系统稳定破坏时引起系统长期大面积停电和对重要地区的破坏性停电。以上这些自动装置，对保证电力系统的安全运行、防止事故扩大、提高供电可靠性具有重要作用。

自动调节励磁装置还可保证系统正常运行时的电压水平；自动调频装置可保证电力系统正常运行时有功功率的自动平衡，使系统频率在规定范围内变动。这些自动装置对保证电能质量起重大作用。

自动并列装置不仅保证了同步发电机并列操作的正确性和操作安全性，而且减轻了运行人员的劳动。电力系统发生故障要求发电机组迅速投入时，自动并列装置可以加快并列操作的过程。

上述这些常规自动装置，在电力系统中一直发挥着极其重要的作用。

在大电力系统中，为保证电网的安全经济运行，电网调度自动化显得愈来愈重要了。而电子计算机的应用，加快了电网调度自动化的实现和发展。

电网调度自动化有如下主要内容：借助远动装置，利用快速数字计算机，对瞬息万变的电力系统运行方式的实时数据进行收集与处理，实现对电力系统的状态估计，以满足实

时调度的需要，保证了电能质量。利用电网的自动化调度系统，在有功率自动平衡的基础上，进行有功出力的合理分配，以实现电网的经济调度，合理利用能源。调度自动化的另一重要内容，是借助调度计算机对电力系统进行安全分析（事故的实时预想），供调度人员以选择合理的最优运行方式，从而大大提高系统的安全水平。系统事故发生后，调度计算机应根据系统的实时运行情况和事故情况提供正确的强有力的事故处理措施，将事故的影响减小到最低程度。应当指出的是，调度计算机目前还没有涉及这方面的功能，事故处理仍靠常规自动装置发挥作用。可以看出，电网调度自动化是一项效果显著、经济效益高、提高电网安全经济运行水平的技术措施，应加速发展这方面的工作。

根据教学大纲要求，本课程主要叙述常规自动装置的工作原理。

第一章 备用电源和备用设备自动投入

第一节 概 述

备用电源和备用设备自动投入装置就是当工作电源因故障被断开以后，能自动而且迅速将备用电源或备用设备投入工作，使用户不致于停电的一种装置。简称BZT装置。

图1-1示出应用BZT装置的典型一次接线图，其中第一种备用方法是装设专用的备用变压器或备用线，称明备用方式，如图1-1(a)、(b)、(c)、(d)中所示；第二种备用方法是不装设专用的备用变压器或备用线，而是在正常情况下工作的分段母线间，靠分段断路器取得相互备用方法，称暗备用方式，如图1-1(e)、(f)中所示。

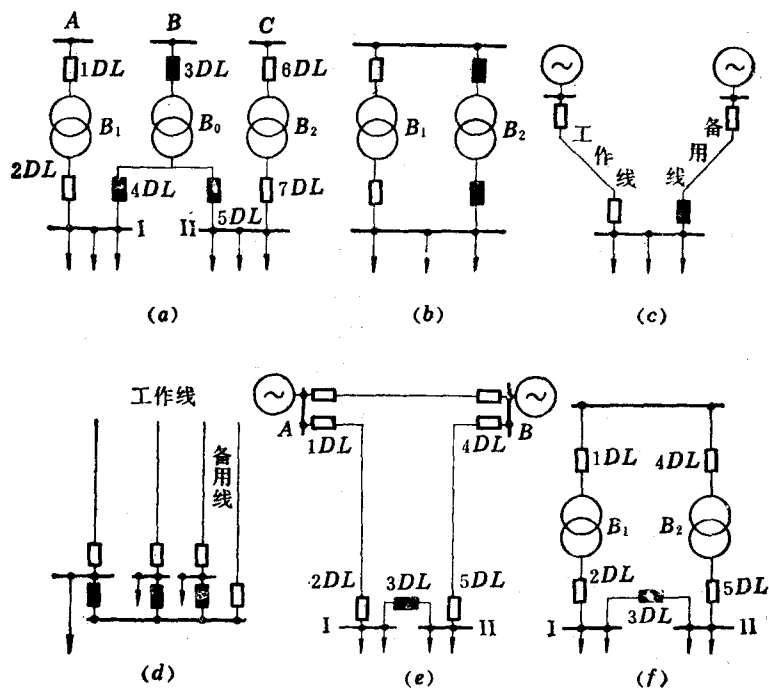


图 1-1 应用BZT装置的典型一次接线图
(a)、(b)、(c)、(d)明备用；(e)、(f)暗备用

从图1-1接线图的工作情况可以看出，采用BZT装置后，有如下优点：

1) 提高供电可靠性、节省建设投资。这在发电厂厂用供电系统中具有特别重要的意义。

2) 简化继电保护。采用BZT装置后，环形供电网络可以开环运行（如图1-1, e）、变压器可以分列运行（如图1-1, f）等，所有这些，在保证供电可靠性的前提下，继电保

护变得简单而可靠。

3) 限制短路电流、提高母线残余电压。在受端变电所, 如果采用变压器分裂运行或环网开环运行, 无疑出线短路电流受到一些限制, 供电母线(图1-1, (f)中高压母线)上的残余电压相应也提高一些。在某些场合, 由于短路电流受到限制, 因而不必再设置出线电抗器, 此时可采用轻型断路器, 从而节省了投资。

由于BZT装置结构简单、造价低、可靠性高, 同时具有上述优点, 因而在电力系统中得到了广泛应用。通常它被看作一种很好的安全、经济措施。

第二节 对BZT装置的基本要求

在发电厂和变电所中, 按如下原则装设BZT装置: 装有备用电源的发电厂厂用电源和变电所所用电源; 由双电源供电且其中一个电源经常断开以作为备用的变电所; 有备用变压器或有互为备用的母线段的降压变电所; 有备用机组的某些重要辅机。虽然不同场合的BZT装置的接线可能有所不同, 但基本要求相同, 现分述如下。

(1) 应保证在工作电源或设备断开后BZT装置才动作 因工作母线失去电压, 可能是由于供电元件发生故障, 为防止把备用电源或设备投入到故障元件上, 起不到BZT装置的作用, 甚至扩大故障、加重设备损坏程度, 所以在设计BZT装置时, 要考虑到这点。如在图1-1(a)中, 2DL断开后, 3DL和4DL才能合闸; 7DL断开后, 3DL和5DL才能合闸。在图1-1(e)中, 2DL断开后, 3DL才能合闸; 5DL断开后, 3DL才能合闸。

(2) 工作电源和设备上的电压, 不论因任何原因消失时, BZT装置均应动作。此时, 供电元件不能向负载供给电流, 对用户供电中断, 所以BZT装置必须起动。以图1-1(a)为例, 工作母线I段或II段失去电压的原因如下: 工作着的变压器 B_1 或 B_2 发生故障, I段或II段母线上发生短路故障, I段或II段母线上的出线发生短路故障而故障没有被该出线断路器断开, 1DL、2DL或6DL、7DL因控制回路、保护回路或操作机构等方面的问题发生误跳闸, 运行人员误操作将变压器 B_1 或 B_2 断开以及电力系统内的事故等。所有上述这些情况, BZT装置都应起动, 使备用电源投入工作, 以保证不间断的供电。

实际上, 为满足如上两点要求, BZT装置应由起动部分和自动合闸部分组成。当工作母线失去电压后, 起动部分动作, 断开供电元件受电侧断路器; 供电元件受电侧断路器断开后, 由自动合闸部分迅速合上备用电源的断路器。

(3) BZT装置应保证只动作一次 当工作母线发生持续性短路故障或引出线上发生未被出线断路器断开的持续性短路故障时, 继电保护动作, 断开供电元件的断路器。经一定时间后, 投入备用电源或设备。由于故障依然存在, 继电保护装置动作, 又将备用电源或设备断开。此后, 不允许再次投入备用电源或设备, 以免多次投入到故障元件上, 对系统造成不必要的冲击。

为了实现这点, 就须控制备用电源或设备断路器的合闸脉冲, 使之只能合闸一次而不能合闸两次。

(4) 一个备用电源同时作为几个工作电源的备用或有两个备用电源的情况 对发电

厂用备用电源自动投入装置,在这种情况下,除应满足上述要求外,还应考虑下列要求:当一个备用电源同时作为几个工作电源的备用时,如备用电源已代替一个工作电源后,另一工作电源又被断开,必要时,BZT装置应仍能动作;但对单机为200MW及以上的火力发电厂,备用电源只允许代替一个机组的工作电源。在有两个备用电源的情况下,当两个备用电源为两个彼此独立的备用系统时,应各装设独立的BZT装置;当任一备用电源都能作为全厂各工作电源的备用时,BZT装置应使任一备用电源都能对全厂各工作电源实行自动投入。

(5) BZT装置的动作时间以使负荷的停电时间尽可能短为原则。从工作母线失去电压到备用电源或设备自动投入为止,中间有一段停电时间。无疑停电时间短,对用户电动机自起动是有利的,但停电时间过短,电动机残压可能较高,当BZT装置动作时,会产生过大的冲击电流和冲击力矩,导致对电动机的损伤。因此,装有高压大容量电动机的厂用母线,中断电源的时间应在1s以上。当然,对于低压电动机,因转子电流衰减极快,问题并不突出。

应当指出,工作母线失压,并不要求BZT装置一定要动作。应保证BZT装置动作的选择性。为此,动作时限应与网络的有关保护配合。为使BZT装置动作成功,故障点应有一定的去游离时间,在一般情况下,备用电源或设备断路器的合闸时间已大于故障点的去游离时间,因而无需再考虑故障点的去游离时间。

运行实践证明,BZT装置的动作时间以1~1.5s为宜,低电压场合可减小到0.5s。需要指出,在某些情况下,不得不采用动作时间较长的BZT装置。

(6) 应校验BZT装置动作时过负荷和电动机自起动情况。如过负荷超过允许限度或不能保证自起动时,应在BZT装置动作时自动减负荷。

(7) 工作母线、备用母线同时失去电压时,BZT装置不应起动。正常工作情况下,备用母线无电压时,BZT装置应退出工作,避免不必要的动作;当供电电源消失或系统发生故障造成工作母线、备用母线同时失去电压时,BZT装置也不应动作,以便当电源恢复时仍有工作电源供电。

此外,当电压互感器二次侧熔断器熔断时,BZT装置不应起动;如备用电源或设备投入故障,必要时,应使其保护加速动作。

第三节 BZT 装置接线

BZT装置分为起动和自动合闸两部分,自动合闸部分比较简单,不予介绍。本节讨论BZT装置的起动方式以及BZT装置接线。

一、关于BZT装置的起动方式

从BZT装置的基本要求出发,采用当BZT装置的切换开关处于投入位置而供电元件受电侧断路器处于跳闸位置时,即两者位置不对应时,起动BZT装置。这种起动方式有明显优点。

但是,电力系统内的故障使工作母线失去电压时,BZT装置也应起动,通常可用如下

两种方式:

第一种方式采用低电压继电器来检测工作母线失去电压的状况,显然这种起动方式能反应工作母线失去电压的所有情况。这种起动方式的主要问题是克服电压互感器二次侧断线的影响。另外,电动机的残压对BZT装置的动作时间也有一定的影响。

第二种方式采用低电流继电器、过电压继电器来构成检测工作母线失去电源的状况,低电流起动BZT装置,过电压起闭锁作用。当然,低电流取自供电元件受电侧的电流,电压取自工作母线电压。这种起动方式也能反应工作母线失去电压的所有情况,存在的主要问题是需要装设电流互感器。

第二种起动方式的最大优点是克服了电压互感器二次侧断线的影响,因为在运行中只要有了负载电流,电压回路断线时BZT装置就不会起动,因而具有工作可靠的特点;另外,可防止电动机残压对BZT装置动作时间的影响。但目前实际应用中,低电压起动的BZT装置占绝大多数,故介绍这种装置接线。

应当指出,在某种情况下,BZT装置没有起动部分(见BZT装置接线的简化)。

二、备用变压器自动投入接线

(一) 接线

图1-2示出发电厂厂用备用变压器自动投入的接线图,它也适用于变电站备用变压器上。其中 B_1 为工作变压器, B_2 为备用变压器,对工作段母线起备用作用,备用分支的数目与工作电源供电的分段母线数相等(图中只画出两段)。图中各元件说明如下:

1YJ、2YJ——反应I母线电压降低的低电压继电器;

1SJ——低电压起动BZT装置的时间继电器;

1BSJ——控制BZT装置发出合闸脉冲时间的闭锁继电器;

1ZJ——BZT装置动作出口继电器;

YJ——反应备用母线电压有、无的过电压继电器(电压线圈接于备用母线电压互感器的二次侧,图中未画出);

BK——BZT装置的切换开关,BZT装置投入时,相应触点接通,退出时相应触点断开;

HCD——成套手车开关柜上的滑动触点,“—<<”表示手车处于工作试验位置时闭合;“<<—”表示手车处于工作位置时闭合。

1YJ、2YJ、1SJ、YJ、YZJ(备用电源电压监视中间继电器)组成BZT装置的低电压起动部分;1BSJ、1ZJ组成BZT装置的自动合闸部分。现将工作原理介绍如下。

操作1BK将I段母线的BZT装置投入运行。在正常情况下,I母线和备用母线均有电压,1YJ、2YJ触点打开,YZJ励磁处于动作状态,YZJ常开触点闭合,为起动作做好准备。同时因2DL处于合闸状态,1BSJ励磁,为BZT装置动作出口作好准备。

当变压器 B_1 的继电保护装置(主保护或后备保护)动作时(反应第二节第2点中前三种原因造成I母线失去电压),保护动作使2TQ通电,令断路器2DL跳闸(1DL也跳闸,图中未画),通过2DL辅助触点,使1BSJ立即失磁,1ZJ立即得电动作。1ZJ动作后,通过闭合的1ZJ常开触点使3HC和4HC得电,于是3DL和4DL合闸(3DL合闸回路中的TBJ

是防跳继电器，作用原理见图2-1(a)中所述，其中TBJ的电流线圈串接在3DL的跳闸回路中，图中未画出)。合闸后，由于1BSJ延时返回触点已打开，于是1ZJ失磁，从而保证了BZT装置只动作一次。

当1DL误断开时(反应第二节第2点中四、五种I母线失去电压的原因)，辅助触点1DL闭合，通过闭合的1BST常开触点使2TQ通电，于是2DL跳闸。跳闸后的动作情况如上所述。显然，2DL误断开时也有同样的动作过程。

当电力系统内的事故使I母线失去电压时，此时B₁的继电保护不动作，由于I母线完全失去电压，1YJ、2YJ动作，起动时间继电器1SJ。若备用母线有电压，YZJ处动作状态，则经预定时间后，2TQ通电使2DL跳闸，备用电源投入；若备用母线无电压，YZJ处于失磁状态，2DL不跳闸，备用电源不投入。

如果备用电源自动投入于持续性短路故障上，则应由设置在4DL上的过流保护加速切除。这是采用切换开关1BK的触点串接厂用备用电源分支线的过流保护装置的时间继电器瞬动触点SJ-I来实现，见图1-2(e)。

不难看出，图1-2所示的BZT装置接线是满足基本要求的。

(二) 接线特点

根据前述工作原理，分析图1-2接线，归纳特点如下：

1) 各厂用母线段的BZT装置自动合闸部分的起动，采用了供电元件受电侧断路器(2DL)与切换开关(1BK)位置不对应(即1BK处于投入BZT装置位置、2DL处于跳闸位置)方式起动，且切换开关BK按厂用母线段各自独立装设，又BZT装置回路电源接到供电元件受电侧断路器的控制电源上，故工作是可靠的。

2) 在一般情况下，设有独立的低电压起动部分。为防止电压互感器二次侧任一相熔断器熔断时误起动，1YJ、2YJ接在不同的相别上，其触点串联；ZJ为电压互感器断线监视继电器(在电动机低电压保护接线中)，二次侧一相或几相断线时(或一次侧单相、两相断线)，ZJ动作，切断了低电压起动回路；另外，低电压起动回路中串有只有在手车处于工作位置时闭合的滑动触点HCD，以防止由于检修等原因将开关柜移出而引起电压互感器失压误起动(当电压互感器不安装在开关柜内时，HCD则由电压互感器一次侧隔离开关辅助触点代替)。由此可见，低电压起动部分的工作是十分可靠的。

3) 监视备用母线电压的触点YZJ直接串接在低电压跳闸回路中，这样的连接是有优点的。当工作母线电源和备用电源分别接在发电机电压的不同母线段，接有工作电源的母线段发生故障时，可以缩短BZT装置的投入时间。这是因为1SJ在故障发生时就开始起动了，而不必等到故障切除后才起动。

4) 厂用备用电源母线无电压时，设有BZT回路故障信号，此时通过1BK将BZT切出，避免不必要的动作；另外，备用电源分支(3~6kV)设有过流动作信号，避免错误强送。

(三) 参数整定

1. 低电压继电器1YJ、2YJ的动作电压值

按如下两原则确定动作电压值。首先，接在工作母线上的电抗器或变压器后发生短路

故障时（如图 1-2, a 中的 D_1 、 D_2 点），I 母线上的残余电压相当高，此时低电压继电器不应动作；其次，当在母线的引出线上发生短路故障（如图 1-2, a 中的 D_3 点）时，故障由出线断路器切除后，此时低电压继电器的动作电压应避越电动机自启动时的最低母线电压。

一般选择 1YJ、2YJ 的动作电压等于额定工作电压的 25%，就可满足上述两个条件。

2. 时间继电器 1SJ 动作时限值

1SJ 的时限值是保证 BZT 装置动作选择性的重要措施。当网络内发生使低电压继电器动作的短路故障时，应由网络保护切除故障而不使 BZT 装置动作，为此 1SJ 的动作时间 t_{1SJ} 应满足下式

$$t_{1SJ} = t_{d \cdot \max}' + \Delta t$$

式中 $t_{d \cdot \max}'$ ——当网络内发生使低电压继电器动作的短路故障时，切除该短路故障的网络保护最大动作时限；

Δt ——时间级差，取 0.5~0.7s。

应当指出，如果存在二级 BZT，则低压侧 1SJ 的动作时间应比高压侧 1SJ 大一个时间级差，以避免低压侧 BZT 不必要的动作。

3. 闭锁继电器 1BSJ 延时返回时间值

保证 BZT 只动作一次是用 1BSJ 延时返回时间来控制的。由图 1-2 (c) 可见，为保证 3DL、4DL 可靠合闸，1BSJ 延时返回时间 t_{1BSJ} 应大于 3DL 或 4DL 的合闸时间 t_{hz} （包括传动装置的动作时间），又为保证 BZT 只动作一次， t_{1BSJ} 应小于 3DL 或 4DL 的两倍合闸时间。即

$$t_{hz} < t_{1BSJ} < 2t_{hz}$$

或

$$t_{1BSJ} = t_{hz} + \Delta t$$

式中 Δt ——时间余度，取为 0.2~0.3s。

4. 过电压继电器 YJ 的动作电压值

根据图 1-2 的 BZT 装置工作情况，整定 YJ 时应考虑如下情况：备用母线带 II 段工作母线运行时，出线上的故障被该出线断路器切除后（如图 1-2, a 的 D_1 点），由于电动机自启动影响，备用母线出现最低运行电压 $U_{\min \cdot B}$ ，YJ 继电器仍应保持动作状态，以使 I 段工作母线的 BZT 低电压起动部分仍能起动。故 YJ 继电器的动作电压 $U_{d \cdot >}$ 为

$$U_{d \cdot >} = \frac{U_{\min \cdot B}}{n \sqrt{K_k K_f}}$$

式中 K_k ——可靠系数，取 1.1~1.2；

K_f ——返回系数，一般为 0.85~0.9。

一般 $U_{d \cdot >}$ 值不应低于额定工作电压的 70%。

(四) 关于接线的简化

图 1-2 的 BZT 接线，低电压起动部分在高压母线失去电压的情况下（第二节第 2 点中最后一种情况）起动，而在第二节第 2 点中前五种情况下，BZT 均未经低电压起动部分而动作。自然，提出了关于 BZT 接线中低电压起动部分能否取消的问题，这对提高 BZT 的

工作可靠性是大有好处的，同时还可节省费用。

为了说明低电压起动部分能否取消的问题，将低电压继电器 $1\sim 2YJ$ 、过电压继电器 YJ 的作用再说明一下。低电压继电器的第一个作用是当电力系统内的事故导致工作电源消失时起动 BZT ，跳开供电元件受电侧断路器；第二个作用是起到 I 母线及所有出线保护的后备作用（指三相短路故障的后备）。当然前者是主要的。

过电压继电器的接入防止了电力系统内的事故引起工作母线、备用母线同时失电而造成 BZT 的动作。若取消过电压继电器，势必造成在这种情况下各母线段的 BZT 均动作，将全部负荷切到厂用备用变压器上。如果工作母线段较多，则当高压侧电压恢复时，全部电动机自起动，可能造成备用变压器跳闸而形成厂用电全停，或者电压过低自起动发生困难。

根据低电压继电器和过电压继电器所起的作用，很显然，当工作部分和备用部分由同一电源供电时（如图 1-1, b 和 1-1, f），低电压起动部分可以省去，大大简化了 BZT 接线。

应当指出，对于供电元件为输电线路的受端变电所（如图 1-1, e 和 1-1, d），当输电线路发生短路故障时，线路受电侧断路器一般不跳闸，此时采用低电压起动来跳开受电侧断路器，保证 BZT 动作。在这种情况下，低电压起动机构不能省略。

对于其他供电情况下的 BZT 接线，可参照图 1-2 的 BZT 接线原则拟制。

复 习 思 考 题

1. 若在图 1-2 (a) 的 D_3 点发生两相或三相短路故障而未被该出线断路器断开时， BZT 是如何动作的？说出各继电器的动作过程。
2. 设图 1-2 (a) 中变压器 B_1 后备保护动作时间为 1s，试整定图 1-2 (c) 中 $1SJ$ 继电器的动作时间。
3. 为了实现备用母线无电压时 BZT 不动作，在图 1-2 中能否用 YZJ 的常开触点串接在 $1ZJ$ 线圈回路中来实现？试分析之。
4. 试拟定图 1-1 (e) 及 1-1 (f) 中 $3DL$ 的 BZT 接线。
5. 低电压起动的 BZT 接线（如图 1-2），能否采用供电元件的电流来作电压互感器二次断线闭锁而省去一只低电压继电器？说明之。

第二章 输电线路三相自动重合闸

第一节 总 论

在电力系统中，输电线路（特别是架空线路）是发生故障最多的元件，因此，如何提高输电线路工作的可靠性，对电力系统的安全运行具有重大意义。

输电线路故障的性质，大多数属瞬时性故障，约占总故障次数的80%~90%以上。这些瞬时性故障多数由雷电引起的绝缘子表面闪络、线路对树枝放电、大风引起的碰线、鸟害和树枝等物掉落在导线上以及绝缘子表面污染等原因引起。这些故障被继电保护动作断路器断开之后，故障点去游离，电弧熄灭，绝缘强度恢复，故障自行消除。此时，如把输电线路的断路器合上，就能恢复供电，从而减少停电时间，提高供电可靠性。当然，输电线路也有少数由线路倒杆、断线、绝缘子击穿或损坏等原因引起的永久性故障，在线路被断开之后，这些故障仍然存在。此时，如把线路断路器合上，线路还要被继电保护动作断路器再次断开。

由输电线路故障的性质可看出，线路被断开之后再进行一次合闸，其成功的可能性是相当大的。这种合闸固然可以由运行人员手动进行，但由于停电时间长，效果并不十分显著。为此，采用自动重合闸装置（简称ZCH）将被切除的线路重新投入运行，来代替运行人员的手动合闸。

线路上装设重合闸后，重合闸本身不能判断故障是否属瞬时性，因此，如果故障是瞬时性的，则重合闸能成功；如果故障是永久性的，则重合后由继电保护再次动作断路器跳闸，重合不成功。运行统计资料表明，输电线路ZCH的动作成功率（重合闸成功的次数除以重合次数）约在60%~90%之间。可见采用ZCH的效益是很可观的。

在输电线路上采用ZCH后，不仅提高了供电可靠性，而且可提高系统并列运行的稳定性和线路输送容量，还可纠正断路器本身机构不良、继电保护误动作以及误碰引起的误跳闸。由于ZCH本身所需费用很低，工作却可靠，所起作用又很大，故在电力系统中获得了极为广泛的应用。《继电保护和自动装置技术规程》规定，对1kV及以上的架空线路和电缆与架空的混合线路，当具有断路器时，应装设自动重合闸装置；对于旁路断路器和兼作旁路的母线联络断路器或分段断路器，宜装设自动重合闸装置；对于低压侧不带电源的降压变压器，应装设自动重合闸装置；必要时母线可装设自动重合闸装置。

但是，采用ZCH后，对系统也带来某些不利影响，如重合于永久性故障时，系统将再次受到短路电流的冲击，可能引起电力系统的振荡；同时使断路器工作条件恶化，因为在很短时间内断路器要连续两次切断短路电流。

输出线路的ZCH，常可分为三相重合闸、单相重合闸以及综合重合闸；或者分为一次动作的重合闸和二次动作的重合闸；还可分为单侧电源重合闸和双侧电源重合闸。此